УДК 627.51
https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-2-23-32

Научная статья

Оценка опасности затопления застраиваемых территорий на основе применения современных геоинформационных систем

М. В. Прокопова ✉

ООО «ГеоИндустрия», Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Текучева, 162
✉ sun210872@yandex.ru

Аннотация

Введение. Строительство и эксплуатация зданий и сооружений на берегах рек и других водоемов с быстро изменяющимся уровнем воды связано с опасностью затопления или подтопления территории, которые могут приводить к значительному материальному ущербу и даже угрозе жизни и здоровью людей. Для таких участков важно составлять достоверный прогноз зон возможного затопления и подтопления и разрабатывать меры возможной инженерной защиты территорий, планы эвакуации или спасения населения в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. В статье на примере двух потенциально подтопляемых участков в Туапсинском районе Краснодарского края, выделенных под застройку, выполнена количественная оценка опасности их подтопления на основе применения геоинформационной системы QGIS.

Материалы и методы. В исследовании применялись: анализ существующих методов оценки подтопления и затопления территорий; материалы многолетних наблюдений за уровнем воды в реках, за наиболее крупными затоплениями на изучаемых участках территории; анализ методов инженерной защиты территорий от подтопления и затопления; моделирование гидрогеологических и гидрологических процессов с использованием современной геоинформационной системы QGIS; разработка рекомендаций по инженерной защите застраиваемой территории и проектированию оснований и фундаментов зданий и сооружений.

Результаты исследования. В результате моделирования в геоинформационной системе QGIS процессов подтопления и затопления двух участков перспективной застройки в Туапсинском районе Краснодарского края были установлены границы зон потенциального подтопления и уровни подъема воды с различной вероятностью. Приведены графические результаты моделирования в системе QGIS и построены графики уровней подтопления по заданным разрезам и по контуру участка.

Обсуждение и заключения. Установлены границы наиболее опасных участков застройки, для которых обоснованы меры инженерной защиты. Разработаны рекомендации по проектированию и строительству зданий и сооружений на участках с учетом прогнозируемых опасностей их подтопления и затопления.

Ключевые слова: затопление, подтопление, геоинформационные системы, моделирование гидрологических процессов, инженерная защита территорий, основания, фундаменты, геологические опасности.

Для цитирования. Прокопова, М. В. Оценка опасности затопления застраиваемых территорий на основе применения современных геоинформационных систем / М. В. Прокопова // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. — 2022. — Т. 1, № 2. — С. 23–32.
https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-2-23-32

Original article

Flooding Hazard Assessment of Built-Up Lands Using Modern Geographic Information Systems

Marina V. Prokopova ✉

OOO «GeoIndustriya», 162, Tekucheva str., Rostov-on-Don, Russian Federation
✉ sun210872@yandex.ru

Abstract

Introduction. The construction and operation of buildings and structures on the banks of rivers and other water reservoirs with rapidly changing water level are associated with the hazard of territories flooding and underflooding, which can lead to major material damage and even endanger the life and health of people. It's very important to make a reliable forecast of floodable and underfloodable zones and to develop possible engineering protection measures for such territories, as well as evacuation or rescue plans for cases of emergency. In this article by the example of 2 allocated for construction potentially flooded plots in the Tuapse district of the Krasnodar region, the quantitative flooding hazard assessment is carried out based on the use of the geographic information system QGIS.

Materials and methods. In the study there were used: the analysis of existing methods for assessing underflooding and flooding of territories; the long-term observation materials of the water level in rivers and of the largest floods on the studied plots; the analysis of methods of engineering protection of territories from underflooding and flooding; the hydrogeological and hydrological processes modeling using the modern geo information system QGIS; the development of recommendations for engineering protection of the built-up lands and for design of buildings' and structures' bases and foundations.

Results. As a result of modeling of the underflooding and flooding processes of 2 plots of the prospective built-up lands of the Tuapse district of Krasnodar region in the geo information system QGIS, the boundaries of potential flooding zones and varying probability water rise levels have been identified. Graphical results of modeling in the QGIS system have been presented and graphs of flooding and underflooding levels have been plotted in given sections and along plot's outline.

Discussion and Conclusions. The boundaries of the most hazardous built-up lands have been identified and the engineering protection measures have been reasoned for them. Recommendations have been developed on design and construction of buildings and structures on the plots taking into account the forecasted hazards of underflooding and flooding.

Keywords: flooding, underflooding, geo information systems, hydrological processes modeling, engineering protection of territories, bases, foundations, geological hazards.

For citation. M. V. Prokopova. Flooding Hazard Assessment of Built-Up Lands Using Modern Geographic Information Systems. Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning, 2022, vol. 1, no. 2, pp. 23–32. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2022-1-2-23-32

Введение. Строительство и эксплуатация зданий и сооружений на территориях, опасных по подтоплению и затоплению, всегда сопряжено с рядом технических, технологических, организационных и экономических проблем, решение которых возможно только на основе комплексного подхода и оценки многочисленных природных и техногенных факторов. Подтопление или затопление территорий может приводить к изменению прочностных и деформационных характеристик грунтового основания [1, 2], требует специальных подходов к проектированию оснований и фундаментов [3–5], разработке дополнительных мер и сооружений инженерной

защиты территории [6], включая работы по берегоукреплению [8] и повышению устойчивости склонов в зоне вероятного подтопления [9].

Важную роль в оценке потенциально подтопляемых территорий играет экономический фактор. Опасность подтопления зачастую снижает градостроительную привлекательность территории [10], но рост крупных городов и прибрежных курортных районов заставляет осваивать под строительство новые, ранее не использовавшиеся, участки, попадающие в опасную зону [11, 12]. Это, как правило, требует дополнительной технико-экономической оценки мер инженерной защиты [13] и рационального благоустройства территории.

Немаловажной остается проблема подтопления для вновь застраиваемых территорий, когда сам процесс застройки (особенно высотными и многоэтажными жилыми комплексами) приводит к нарушению естественных гидрогеологических процессов, возникновению барражного эффекта и быстрому подъему уровня грунтовых вод [14]. Иногда процессы подтопления и затопления урбанизированных территорий могут приводить к возникновению чрезвычайных ситуаций [15].

Разработке мер инженерной защиты территорий от подтопления и затопления должен предшествовать комплекс серьезных инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, поиск и анализ причин подтопления участков [16, 17], районирование территорий по фактору опасности подтопления с применением картографических методов [18], разработка численных гидрогеологических моделей и моделирование с их помощью различных сценариев подтопления или затопления с учетом максимального количества природных и техногенных факторов [19, 20]. Для гидрогеологического моделирования в последнее время разработан и успешно используется целый ряд специализированных программных комплексов, позволяющих определять изменение уровней грунтовых вод, находить границы подтопляемых или затопляемых участков, прогнозировать возникновение опасных и чрезвычайных ситуаций.

В настоящей статье актуальную проблему затопления и подтопления территорий поселений рассмотрим на примере горных районов Краснодарского края. На протяжении последних десятилетний только на территории Туапсинского муниципального образования произошли случаи затопления и подтопления паводковыми и грунтовыми водами, которые нанесли вред населению, окружающей среде, привели к разрушениям зданий и сооружений, порче и потере имущества, причинению вреда здоровью людей, смертям.

Масштабные наводнения и подтопления в Туапсинском районе случались в 1991, 2001, 2010, 2012, 2014, 2018 гг.

Самым трагичным является наводнение 1991 года, жертвами которого стали 27 человек. Причинами бедствия стал прошедший по окрестным горам огромный смерч, усиливший действие сильных осадков и вызвавший серию оползней. В результате проливных дождей были подтоплены застроенные территории, здания, водозабор, разрушены дороги, мосты.

В с. Георгиевское наводнение 1 августа 1991 года, происшедшее вследствие однократного (несколько минут) выливания потоков воды из очень редких вымеобразных облаков, подняло расход воды в реке Пшенаха в створе с. Георгиевское с 10 до 1900 м^3/с. Подъем уровня воды в реке составлял 6 метров.

В 2010 г. вода поднялась на 1,5 м. В результате паводковой волны 16.10.2010 г., вызванной обильными осадками в горной части Туапсинского района, поднялся уровень рек Пшенаха и Туапсинка. Всего затопило 7 сельских поселений и 17 небольших населенных пунктов. Было задержано движение поездов, 6 человек погибли, 280 — эвакуированы.

В п. Новомихайловский 22.08.2012 г. уровень воды в р. Нечепсухо поднялся на 2,5 м в результате сильного ливня. Затоплено оказалось 600 домов, больница и школа в зоне затопления оказались около 1,5 тыс. человек. Погибли четыре человека.

В 2018 г. вода в реке Пшенаха поднялась на 70 см.

Водный режим водотоков Туапсинского района определяется климатическими, орографическими, гидрогеологическими и гидрографическими особенностями. Подземные воды на изучаемой территории приурочены к аллювиально-делювиальным отложениям. Воды являются безнапорными. Водовмещающими грунтами является гравийный грунт. Положение зеркала водоносных горизонтов находится в прямой зависимости от уровня поверхностных вод и количества выпадаемых атмосферных осадков. Питание водоносных горизонтов рек происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, разгрузка водоносных горизонтов происходит в реки. Подземные воды имеют прямую гидравлическую связь с местной гидрографической сетью.

Поверхностный сток формируется, в основном, за счет снеговых и дождевых вод, доля подземного питания меньше. Для водотоков характерны частые, но кратковременные паводки, вызываемые дождями, мокрыми снегопадами и снеготаяниями, и летне-осенняя межень лишь изредка нарушается паводками, вызванными ливнями.

Законодательством РФ использование земельных участков и объектов капитального строительства, архитектурно-строительное проектирование, строительство, реконструкция и капитальный ремонт объектов капитального строительства в границах зон затопления паводком 1 % обеспеченности разрешено при условии проведения инженерной защиты территории от затопления паводковыми водами и подтопления грунтовыми водами путем подсыпки (намыва) грунта или строительства дамб обвалования или совмещения подсыпки и строительства дамб обвалования.

Сложившаяся застройка большинства поселений Туапсинского района находится вдоль пойм горных рек, которые в периоды снеготаяния и сильных дождей не справляются с объемом потоков.

На территориях затопления паводком 1 % обеспеченности размещаются или предусмотрены к размещению: многоэтажная и малоэтажная жилая застройка, общественно-деловая застройка разного назначения, промышленно-коммунальные предприятия различных классов вредности, зоны зелёных насаждений общего пользования, объекты инженерно-транспортной инфраструктуры, объекты специального назначения.

Процессы подтопления (образование верховодки) могут привести к негативным последствиям и создать осложнения при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. Подтопление обусловлено гидрогеологическими и геоморфологическими условиями участка. При проведении строительных работ возможно образование верховодки, вызванное нарушением естественного дренажа.

Материалы и методы. В состав мероприятий по инженерной защите от затопления и подтопления включены мониторинг режима подземных и поверхностных вод, расходов (утечек) и напоров в водонесущих коммуникациях, деформаций оснований зданий и сооружений, а также наблюдения за работой сооружений инженерной защиты. Продолжительность мониторинга зависит от времени стабилизации гидрогеологического режима, интенсивности осадок оснований сооружений и их срока службы.

В Краснодарском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды — филиале ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС» работают гидрометеорологическое бюро 1 разряда в г. Туапсе и 2 гидрологических поста 1 разряда: Горское — Джубга и на р. Псекупс в с. Садовое, которые ведут мониторинг за уровнем рек в постоянном русле и уровнем поднятия воды в реках в период половодья. Для всех населенных пунктов, где существует вероятность затопления, разработаны модели развития обстановки при подтоплении, которые содержат необходимую справочную информацию и памятку населению с указанием действий при получении информации о подъеме воды, мест эвакуации и оказанием первой помощи.

Данные о затоплениях и подтоплениях на территории поселений Туапсинского района за последние 15 лет собраны и систематизированы. Архив с данными под названием «Проект «Туапсинский» загружен в ГИС свободного доступа QGIS, которая позволяет по координатам земельного участка получить количественные данные

для оценки вероятности поднятия грунтовых вод при подтоплении и затоплении. Департаментом по архитектуре и градостроительству Краснодарского края разработана Инструкция по определению уровня подъёма воды в зонах затопления и подтопления в «Проекте «Туапсинский» на основе применения ПО QGIS.

В проекте все зоны раскрашены в разные цвета: синий цвет — зона затопления; красный, жёлтый, зелёный — зона подтопления. В зоне затопления вода будет выше уровня земли (вода затопит участок), а в зоне подтопления — ниже (вода подтопит участок). В свою очередь, зона подтопления делится на три территории:

– территория сильного подтопления (значение УГВ от 0 до –0,3 м.);

– территория умеренного подтопления (значение УГВ от –0,3 до –2 м);

– территория слабого подтопления (значение УГВ от –2 до –3 м).

В зоне затопления устанавливается уровень поднятия воды в Балтийской системе высот.

Результаты исследования. Рассмотрим расчеты прогноза затопления и подтопления с использованием геоинформационной системы QGIS на примере двух участков.

1. Земельный участок, расположенный в с. Георгиевское Георгиевского сельского поселения Туапсинского района Краснодарского края. Участок расположен на правом берегу реки Пшенаха, южнее участка по склону протекает река Малое Псеушхо. Высотные отметки на участке составляют 83,0–83,3 м. В пределах исследуемой территории согласно классификации по ГОСТ 25100-2020 распространены грунты дисперсные, несвязные, осадочные, аллювиально-делювиальные, минеральные, крупнообломочные.

Река Пшенаха длиной 20 км, водосборная площадь — 126 км². Левый приток — река Малое Псеушхо. В период выпадения обильных или продолжительных осадков, в период снеготаяния и паводков ожидается подъем уровня подземных вод на 1,0–2,0 м.

Участок по координатам нанесен на карту (рис. 1). Земельный участок расположен в зоне подтопления территории при половодьях и паводках р. Пшенаха и р. Малое Псеушхо 1 % обеспеченности (синий контур).



Рис. 1. Зоны затопления и подтопления в пойме р. Малое Псеушхо с нанесенным участком в геоинформационной системе QGIS (фото авторов)

Модель развития обстановки (угрозы затопления и подтопления) участка у реки Малое Псеушхо разработана и представлена по показателю «затопление». Для получения численных значений уровней затопления про-

грамма позволяет построить график с уровнем поднятия воды при паводке 1 % обеспеченности по любым заданным разрезам или по контуру. По графикам определяются максимальные уровни воды в точках участка. Высоты приводятся в Балтийской системе высот (рис. 2, 3).

Моделирование уровня поднятия паводковых вод в пределах земельного участка показало, что участок находится целиком в зоне затопления обеспеченностью 1 %. При этом на южной границе участка вода поднимается на максимальную абсолютную отметку +85,071 м в Балтийской системе высот. На северной стороне участка уровень воды поднимается до отметки 85,0 м. Таким образом, уровень зеркала воды при затоплении участка составит в нижней точке 2,071 м.

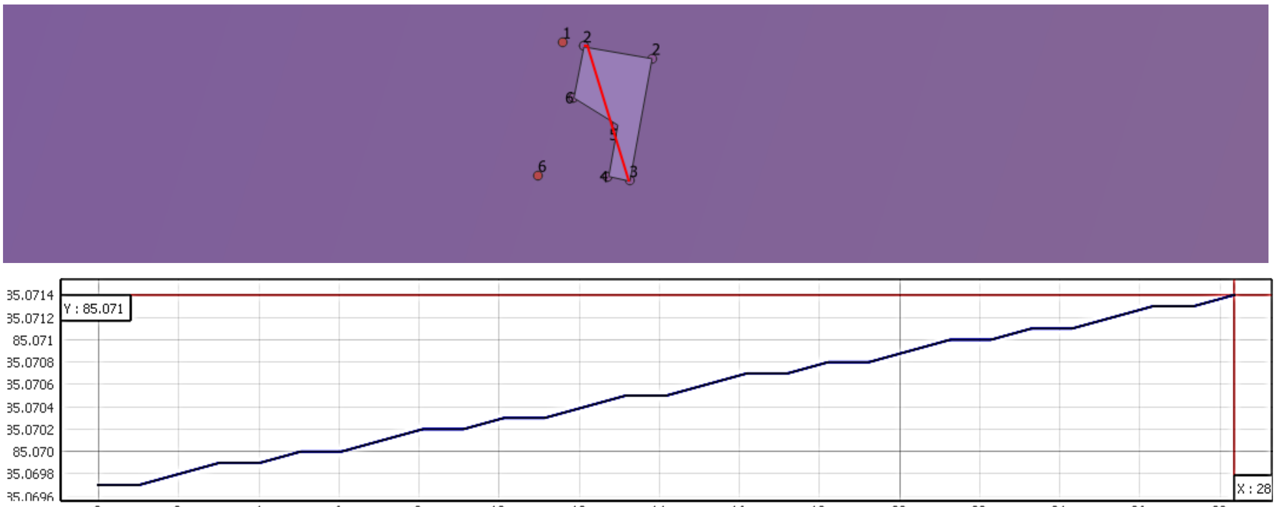


Рис. 2. Результаты моделирования уровня воды на участке (график по линии 3-1). Максимальное поднятие воды до отметки 85,071 м в точке 3 (рисунок авторов)

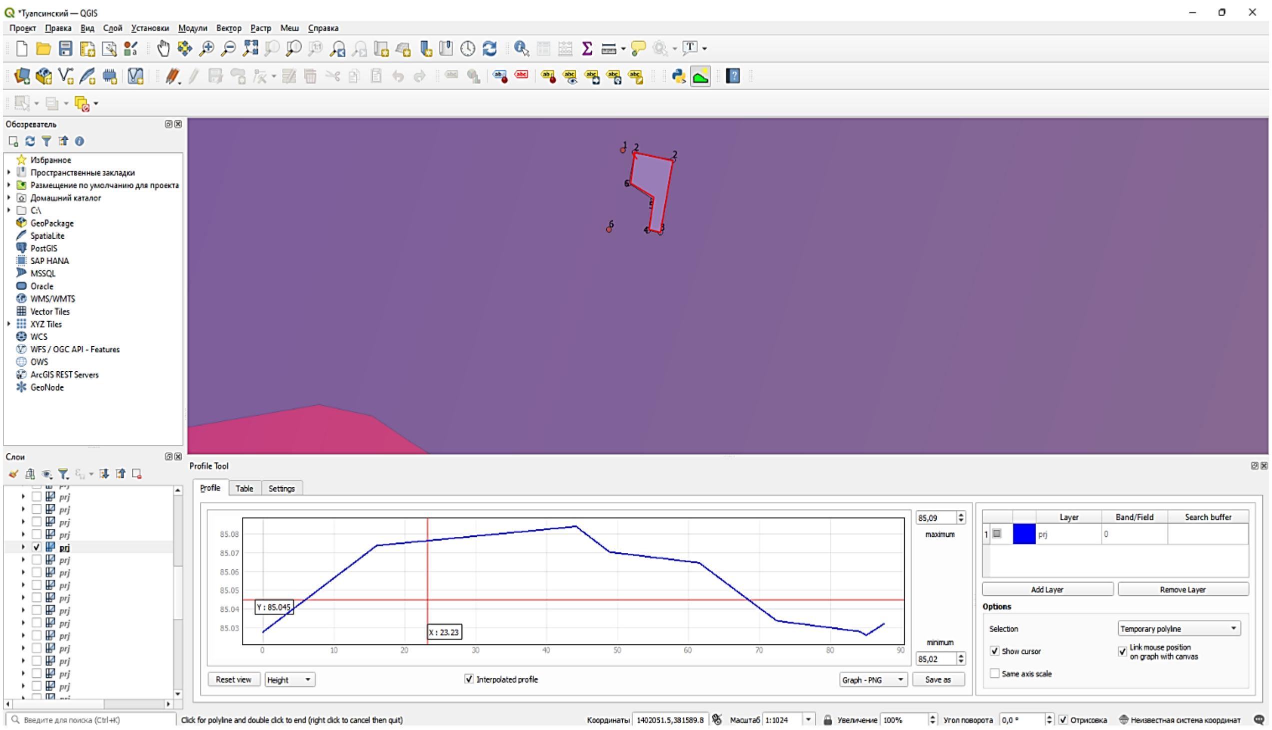


Рис. 3. Результаты моделирования уровня воды по контуру участка (интерфейс программы QGIS) (рисунок авторов)

2. Участок, расположенный в с. Агой Туапсинского района Краснодарского края, имеет ровный рельеф, слабонаклонный к пойме реки Агой. Согласно программе QGIS, участок расположен в зоне сильного и умеренного подтопления (рис. 4). Согласно [1], основная часть участка попадает в зону сильного подтопления (красная зона на карте), где уровень грунтовых вод приближается к поверхности земли, что может привести к заболачиванию или засолению верхних горизонтов почвы. Часть участка расположена в зоне умеренного подтопления с залеганием грунтовых вод в пределах от 0,3–0,7 м до 1,2–2,0 м от поверхности, что приводит к процессам олуговения и засоления средних горизонтов почвы.



Рис. 4. Зоны затопления и подтопления в пойме р. Агой с нанесенным участком (фото авторов)

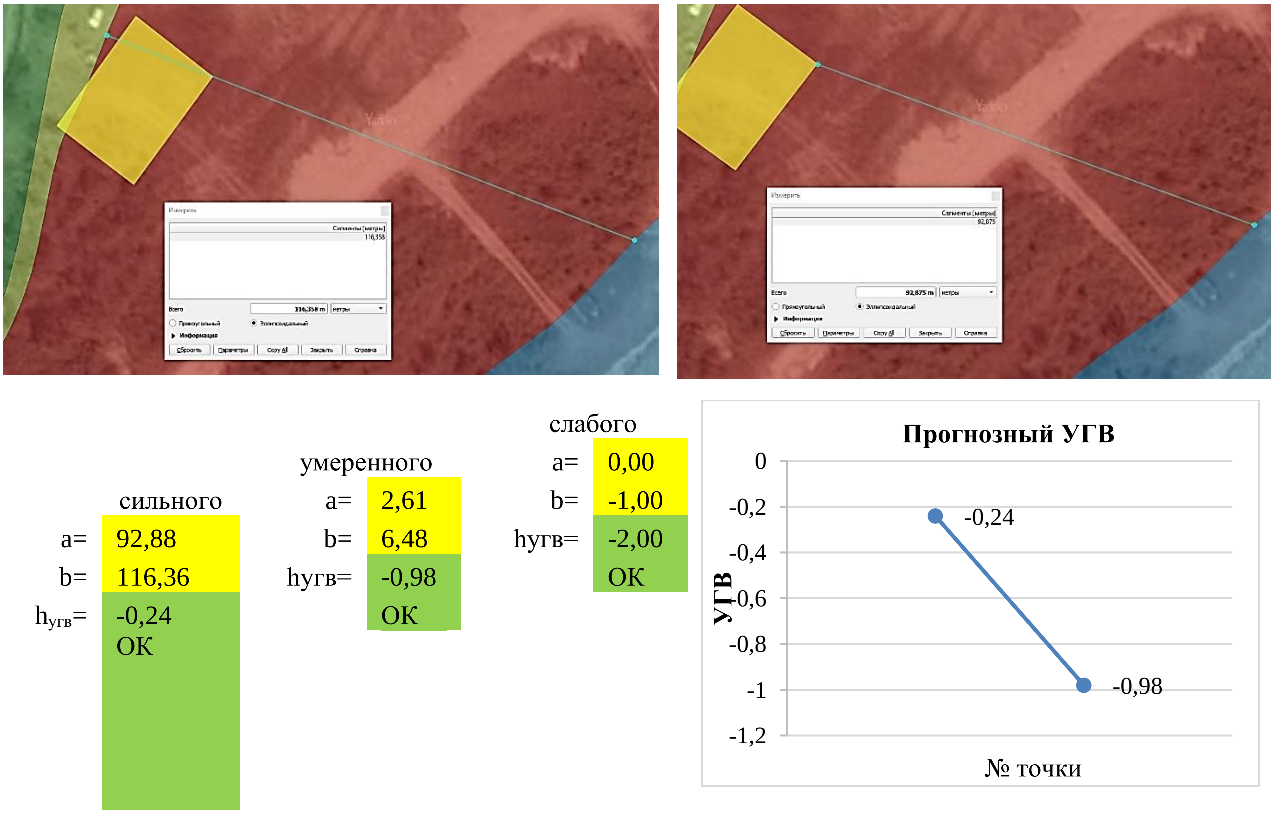


Рис. 5. Определение прогнозного уровня грунтовых вод в геоинформационной системе QGIS (рисунок авторов)

Для определения прогнозной глубины залегания уровня грунтовых вод необходимо выполнить расчёт методом линейной интерполяции на основе планового положения точки по отношению к установленным изолиниям границ территорий подтопления (сильного подтопления при глубине залегания грунтовых вод менее 0,3 м; умеренного подтопления — при глубине залегания грунтовых вод от 0,3 м до 2 м; слабого подтопления — при глубине залегания грунтовых вод от 2 м до 3 м), начиная от границы зоны затопления (рис. 5).

В соответствии с произведенным расчетом прогнозный уровень грунтовых вод на участке может находиться на отметках от –0,24 м до –0,98 м от уровня существующей поверхности грунта при половодьях и паводках р. Агой 1 % обеспеченности.

Таким образом, с помощью геоинформационной системы QGIS установлены границы зон потенциального затопления и подтопления, определены уровни подъема воды на участках, отведенных под застройку в Туапсинском районе Краснодарского края. Результаты представлены в виде графиков прогнозного уровня грунтовых вод при подтоплении и уровня подъема воды при затоплении в указанных точках участка при максимальном подъеме воды в реках.

Обсуждение и заключения. По результатам исследования сделаны следующие выводы.

В существующих гидрогеологических условиях рекомендуется выполнять инженерную защиту территории в соответствии с требованиями СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения»:

– выполнить дренажные системы;

– выполнить вертикальную планировку территории с организацией поверхностного стока, включая искусственное повышение рельефа до планировочных отметок, обеспечивающих соблюдение нормы осушения;

– выполнить прочистку открытых водотоков и других элементов естественного дренирования;

– разработать технические решения, направленные на защиту водонесущих инженерных коммуникаций от повреждений, вызванных просадками грунта вследствие его подмыва, корнями растений и т.п. (защитные обоймы, футляры, прикорневые барьеры, усиленная гидроизоляция);

– ливневая канализация должна являться элементом территориальной инженерной защиты от подтопления и проектироваться в составе общей системы инженерной защиты;

– все работы приурочить к сухому периоду года и выполнять в возможно сжатые сроки;

– выполнить гидроизоляцию заглубленных частей сооружений.

В качестве основных средств инженерной защиты территорий от затопления следует предусматривать обвалование, искусственное повышение поверхности территории, руслорегулирующие сооружения и сооружения по регулированию и отводу поверхностного стока, дренажные системы и другие сооружения инженерной защиты.

При проектировании и строительстве зданий необходимо предусматривать следующие мероприятия:

– выполнить искусственное повышение территории участка, придав участку уклон к реке;

– выполнить дренажную систему. Перехват вод, поступающих в водоносный горизонт, следует обеспечивать с помощью контурных дренажей. Предупреждение распространения таких вод допускается обеспечивать путем устройства противофильтрационных экранов и завес.

При проектировании здания необходимо учесть опыт строительства в рассматриваемом районе:

– свайные фундаменты здания;

– отметку пола принимать не ниже максимального уровня поднятия воды;

– конструкции фундаментов выполнить из гидротехнических бетонов;

– по периметру здания выполнить дренаж;

– выполнить гидроизоляцию конструкций, соприкасающихся с грунтом;

– предусмотреть отведение поверхностных вод с благоустройством территории. Проектное решение вертикальной планировки выполнить на основании вертикальных отметок окружающего рельефа с учетом подсыпки, что обеспечит соответствующий порог гидрогеологической безопасности для защищаемой территории.

В основу проектных решений заложены принципы максимального обеспечения водоотвода поверхностным способом с соответствующим уклоном с проездов и отмосток.

При соблюдении перечисленных требований участок обеспечивается инженерной защитой от подтопления и затопления, соответствующей требованиям СП 104.13330.2016 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления».

Библиографический список

1. Степанов, М. А. Влияние процесса подтопления территорий на характеристики грунтов основания зданий и сооружений / М. А. Степанов, Е. П. Брагарь, А. А. Нурпеисова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. — 2021. — № 1 (82). — С. 89–100.

2. Прокопова, М. В. О возможных изменениях свойств грунтов при увеличении уровня подземных вод / М. В. Прокопова, Г. В. Лукьянова // Строительство — 2011: материалы Международной научно-практической конференции. — Ростов-на-Дону: Ростовский гос. строит. ун-т, 2011. — С. 137–138.

3. Целоусов, А. П. Защита фундаментов от грунтовых вод / А. П. Целоусов, Н. А. Адоньев, Я. С. Рубцова, М. В. Прокопова // Инновационные технологии в строительстве и управление техническим состоянием инфраструктуры: Сборник научных трудов II Всероссийской национальной научно-практической конференции. — Ростов-на-Дону: РГУПС, 2020. — С. 247–249.

4. Култаев, Р. С. Опасные инженерно-геологические процессы на территории р. Тойма, влияющие на строительство / Р. С. Култаев // Современные научные исследования и инновации. — 2022. — № 4 [Электронный ресурс]. — URL: https://web.snauka.ru/issues/2022/04/97964

5. Прокопов, А. Ю. Проектирование оснований и фундаментов на подтопляемых территориях / А. Ю. Прокопов, А. Ю. Балахнин, Д. С. Комаров // Актуальные проблемы науки и техники. Материалы нац. науч.-практ. конф. [Электронный ресурс] — Ростов н/Д: ДГТУ, 2020. — С. 672–674. — URL: https://ntb.donstu.ru/conference

6. Мещанкина, О. Г. Инженерная защита зданий и территорий от подтопления грунтовыми водами / О. Г. Мещанкина, Т. В. Турушева // Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов: XXI Международная научно-практическая конференция. — Чита: Забайкальский государственный университет, 2021. — С. 65–68.

7. Прокопов, А. Ю. Выбор и обоснование методов берегоукрепления (на примере р. Кубань в г. Краснодаре) / А. Ю. Прокопов, В. А. Лебидко // Известия РГСУ. — 2015. — Т. 2. № 20. — С. 41–48.

8. Прокопов, А. Ю. Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива и взаимного влияния подземных конструкций существующих и вновь возводимых сооружений в береговой зоне морского порта Тамань / А. Ю. Прокопов, В. Ф. Акопян, К. Н. Гаптлисламова // Инженерный вестник Дона. — 2013. — № 4. — URL: http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2104

9. Прокопов, А. Ю. Экспериментальные исследования повышения устойчивости береговых склонов в инженерно-геологических условиях реки Тигр в Республике Ирак / А. Ю. Прокопов, Х. Х. Аль-Екаби // Строительство и архитектура — 2021: материалы Между-нар. науч.-практ. конф. — Ростов н/Д: ДГТУ, 2021. — С. 156–158.

10. Цветков, О. Ю. Подтопление городских земель как фактор снижения градостроительной привлекательности территории / О. Ю. Цветков // Дальневосточная весна – 2021: Материалы 19-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности. — Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. — С. 367–371.

11. Сафина, Г. Р. Вовлечение подтопленных территорий в городское строительство / Г. Р. Сафина, В. А. Федорова, Л. С. Демина // Естественнонаучные исследования в Чувашии. — 2022. — № 8. — С. 144–153.

12. Прокопов, А. Ю. Анализ инженерно-геологических условий и оценка сейсмического воздействия на территорию перспективной застройки в зоне вероятного затопления на примере г. Феодосии / А. Ю. Прокопов, А. В. Новосельцев, И. В. Сычев // Известия ТулГУ. Науки о Земле. — 2022. — № 3. — С. 300–316.

13. Вдовенко, А. В. Оценка эффективности мероприятий по защите дальневосточных поселений от негативного воздействия вод / А. В. Вдовенко, В. А. Вдовенко, П. И. Егоров [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. — 2022. — № 2–1 (116). — С. 73–79. — DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.116.2.012

14. Прокопов, А. Ю. Анализ факторов, способствующих развитию подтопления на территории 5-го микрорайона Левенцовский в Ростове-на-Дону / А. Ю. Прокопов, В. С. Ласун // Строительство и архитектура — 2020: материалы Междунар. науч.-практ. конф. — Ростов н/Д: ДГТУ, 2020. — С. 299–303.

15. Арефьева, Е. В. Подтопление урбанизированных территорий как фактор чрезвычайных ситуаций / Е. В. Арефьева // Природопользование: от истории к современности. Куражковские чтения: Материалы I Международной научно-практической конференции. — Астрахань: Астраханский государственный университет, 2022. — С. 109–114.

16. Прокопов, А. Ю. Анализ причин подтопления территории учебного полигона ДГТУ в районе Змиевской балки в г. Ростове-на-Дону / А. Ю. Прокопов, А. В. Гридневский, А. С. Гибадуллин // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: 12-я Международная Конференция. — Тула: ТулГУ, 2016. — С. 215–222.

17. Гридневский, А. В. Природно-техногенные условия формирования подтопления межбалочных пространств города Ростова-на-Дону / А. В. Гридневский, А. Ю. Прокопов // Известия ТулГУ. Науки о Земле. — 2019. — № 2. — С. 26–37.

18. Прокопов, А. Ю. Применение картографического метода исследований для выявления опасных зон градопромышленных территорий (на примере г. Шахты) / А. Ю. Прокопов // Известия ТулГУ. Науки о Земле. — 2018. — № 1. — С. 35–51.

19. Гридневский, А. В. Анализ причин подтопления города Зернограда методом численного гидрогеологического моделирования / А. В. Гридневский, А. Ю. Прокопов // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. — 2019. — № 1. — С. 78–91.

20. Гридневский, А. В. Численные гидрогеологические модели Зернограда как инструмент идентификации факторов деформаций зданий в условиях техногенного подтопления / А. В. Гридневский, А. Ю. Прокопов // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении: Материалы международной научно-технической конференции. — Новочеркасск: ООО "Лик", 2018. — С. 747–762.

Поступила в редакцию 16.11.2022

Поступила после рецензирования 25.11.2022

Принята к публикации 30.11.2022

Об авторах:

Прокопова Марина Валентиновна — главный инженер проекта, ООО «ГеоИндустрия» (344011, РФ, г. Ростов-на-Дону, ул. Текучева, 162), кандидат технических наук, доцент, ScopusID, ORCID, sun210872@yandex.ru

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.